Ohrwürmer, die unterschätzten Untermieter

F. HAAS

Ohrwürmer haben je nach Region sehr unterschiedliche Namen: mancher Orts heißen sie Ohrenkneifer, Öhrling, Ohrenkriecher, Ohrenhöhler oder Ohrenschliefer. In anderen, wie in der finnischen und spanischen Sprache oder dem Thai werden die Ohrwürmer übrigens nach dem auffälligsten Körpermerkmal, den Hinterleibszangen ohne Bezug zu Ohren benannt, und dann in etwa „kleine Zangen“, „kleine Scheren“ oder „Doppelschwänze“ genannt, womit diese Gruppe von Insekten recht anschaulich bezeichnet ist.

Woher der Bezug zu den Ohren in vielen indoeuropäischen Sprachen kommt ist nicht so ganz klar. Selbstverständlich kriechen Ohrenkneifer mal in menschliche Ohren, früher, als unser Leben weniger steril-aufgeräumt war, öfters als heute. Tierohren scheinen aber nie betroffen gewesen zu sein. Das Ohr als Versteck nutzen gleichfalls viele andere Insekten, ohne nach diesen benannt zu sein. Ohrwussler suchen Ohren nie gezielt auf, geschweige denn, dass sie darin nisten. Einleuchtender scheint mir, dass der Name durch ein antikes Rezept entstanden ist, bei dem getrocknete und zerriebene Ohrwürmer mit Öl gemischt und ins Ohr geträufelt gegen Ohrenschmerzen helfen sollen, zumal der altdeutsche Begriff „Wurm“ auf Übelkeit und Verderben hinweist. In Ausdrücken, wie ‘da ist der Wurm drin’ oder ‘Drehwurm’ findet man diesen Bezug bis zum heutigen Tage. Wie dem auch sei, wissenschaftlich sind es immer die ‘Dermaptera’, eine der Ordnungen der Insekten.

Die Fauna, kleine und große Ohrwürmer

Im deutschsprachigen Raum gibt es insgesamt nur etwa 10 Arten (weltweit etwa 2.200), von denen ausschließlich der Gemeine Ohrwurm *Forficula auricularia* LINNAEUS, 1758, mit dem Menschen in engerem Kontakt lebt und so über die ganze Welt verbreitet wurde (Abb. 1). Er ist die bekannteste Art, deren Bild den meisten erscheint, wenn von Ohrwürmern die Rede ist. Weniger bekannt ist unser größter Ohrwurm, der Sandohrwurm *Labidura riparia* (PALLAS, 1773), da er nur zerstreut auf sandigen Flächen, häufig entlang von Küsten und Flussufern (Name!) vorkommt (Abb. 2). Eine vollständige Artenliste der Dermaptera im deutschsprachigen Raum findet sich am Ende dieses Beitrags.

Die größte Art *Labidura herculeana* (FABRICIUS, 1789), nahe mit letzterer verwandt, ist mit einiger Sicherheit durch Zerstörung ihres Habitates auf der atlantischen Insel St. Helena, ihrem einzigen Lebensraum, ausgerottet worden. Sie erreicht mit Zangen etwa 80 mm Körperlänge. Die kleinste Art *Eugerax peocilium* HEBARD, 1917 erreicht nur 3,5 mm Körperlänge und kommt in Mittelamerika vor.

Die Zangen

Die Hinterleibszangen (Cerci) sind das auffälligste Körpermerkmal der Ohrwürmer und ihre Verwendung ist so vielfältig wie ihre Gestalt. Sie werden bei der Paarung eingesetzt, wobei sich die Partner nie umklammern (Abb. 2), sie dienen zur Verteidigung der Eier und jungen Larven, gegen Rivalen und Feinde, halten bei karnivoren Arten das Beutetier fest (ALBOUY & CAUSSANEL 1990) und entfalten die Hinterflügel (HAAS et al. 2000, KLEINOW 1971). Die Hinterleibszangen sind immer mit einer kräftigen Muskulatur ausgestattet und in der Lage fest zuzupacken, womit sie schon mal einen Insektensammler schmerzhaft zwicken können. Da sie aber nicht giftbewehrt sind, sind sie völlig ungefährlich.

Trotz der großen Variabilität der Zangen lassen sich einige Konstanten bei ihrer Ausbildung quer durch das phylogenetische System der rund 2.200 Dermapterenarten finden (HAAS 2003). Wenn die Zangen von Männchen und Weibchen unterschiedlich sind, und das sind sie meistens, sind die der Männchen, größer, stärker gebogen und mit Zähnen oder Dornen bewehrt. Dieser Sexualdimorphismus nimmt bei abgeleiteteren Arten zu und ist bei den ganz ursprünglichen Arten relativ gering. Die Zangen der Larven ähneln denen der Weibchen, und bei stark modifizierten Zangen der Männchen zeichnet sich die Form bereits im vorletzten und letzten Larvenstadium ab. Innerhalb einer Gattung sind die Zangen relativ ähnlich gebaut, so dass Gattungen daran recht gut bestimmt werden können. In weitläufig verwandten Gattungen können trotzdem ähnliche Zangenformen auftreten.

Denisia **20**,
zugleich Kataloge der
oberösterreichischen
Landesmuseen
Neue Serie **66** (2007):
575-586



Abb. 1: Männchen des heimischen „Gemeinen Ohrwurms" *Forficula auricularia* am Grashalm. Die Spitzen der Flügelpakete sind mit kleinen hellbraunen Flecken verziert. Foto: Fabian Haas.

Die Verwechslung

Durch ihre Zangen und kurzen Flügeldecken können Dermaptera kaum mit einer anderen Gruppe von Insekten verwechselt werden. Zwei Ausnahmen gibt es aber dennoch. Zum einen die Japygiden (Diplura, Doppelschwänze), urtümliche, primär flügellose Insekten, die durch konvergente Evolution gleichfalls zangenförmige Cerci tragen. Die Japygidae kommen in unseren Breiten selten vor und sind wesentlich kleiner als unsere Ohrwürmer. In wärmeren Gegenden trifft beides nicht unbedingt zu. Zum anderen, die Staphylinidae, die Kurzflügelkäfer, ebenfalls lang gestreckte Insekten mit konvergent evolvierten, kurzen Flügeldecken. Vergrößert wird die Ähnlichkeit durch verschiedentlich auftretende Hinterleibsanhänge, die den Cerci ähneln ohne welche zu sein.

Übrigens unterlief LINNAEUS, der 1758 das zoologische System entworfen hatte, der gleiche Fehler. Er ordnete zunächst den Kleinen Ohrwurm *Labia minor* unter den Kurzflügelkäfern als *Staphylinus minor* ein, bevor er ihn als *Forficula minor* (LINNAEUS, 1758) richtig im System der Insekten platzierte.

Trotz oberflächlicher Ähnlichkeit der Ohrwürmer (Dermaptera) mit den Kurzflügelkäfern (Staphylinidae), sind sie aber keine Käfer, sondern gehören in die Verwandtschaftsgruppe der Schaben (Blattodea), d. h.

Abb. 2: Ein Paar des vor allem auf sandigen Flächen anzutreffenden Sandohrwurms *Labidura riparia* bei der Kopulation. Sehr deutlich wird dabei die extreme Flexibilität des Hinterleibs, die nicht nur bei Kopulationen von Vorteil ist. Das Männchen umfasst dabei nie mit den Zangen den Hinterleib des Weibchens. Foto: Fabian Haas.

ihre Larven sehen in etwa so aus wie die adulten Tiere. Es fehlen ihnen im Wesentlichen nur ausgebildete Flügel. Ebenso wenig haben Ohrwürmer, die bei Käfern und Schmetterlingen übliche Puppe, die sich zwischen dem Engerling oder der Raupe einschaltet und trotz der scheinbaren, äußerlichen Ruhe, tief greifende innere Veränderungen durchläuft.

Die Flügelfaltung

Zurück jedoch zu der Ähnlichkeit mit den Kurzflügelkäfern, die eine erstaunliche konvergente Evolution in einer bestimmten Körperregion erzeugt. Die Ähnlichkeit mit den Kurzflügelkäfern ergibt sich zunächst aus der allgemeinen Körpergestalt. Dermaptera und Staphylinidae sind beides schlanke und gestreckte Tiere, die sich durch eine hohe Agilität auszeichnen (Abb. 1, 2). Um diese zu erreichen wurden in beiden Organismengruppen während der Evolution jeweils unabhängig die vormals langen und steifen Flügeldecken zu kurzen, aber funktionellen Stummeln reduziert. Dadurch gewinnt der Hinterleib an Beweglichkeit: er ist nicht mehr von den langen und steifen Flügeldecken begrenzt, sondern kann nach Belieben nach oben und seitlich gekrümmt werden, was zum Beispiel das Durchkriechen von Spalten in Erde und zwischen Blättern enorm erleichtert.

Damit stellt sich ein Problem: sollen die Tiere weiterhin flugfähig sein, dürfen aus physikalischen Gründen die Flügel eine vom Körpergewicht abhängige Fläche nicht unterschreiten. Wie bei Flugzeugen dürfen die Flügel nicht zu klein sein, wenn das Tier weiterhin fliegen soll. Diese Fläche ist aber um einiges größer als die fast schon stummelförmigen Flügeldecken.

Daraus folgen drei logische Möglichkeiten: auf die Flügel wird verzichtet und die Tiere bleiben ans Substrat gebunden (Abb. 3). Obwohl damit die Ausbreitung, Nahrungssuche und anderes erschwert wird, haben bis zu 40 % der Dermaptera ihre Flugfähigkeit verloren. Dabei sind alle Abstufungen des Verlustes zu beobachten. Manche Arten wie der Sandohrwurm (*Labidura riparia* (PALLAS, 1773)) haben scheinbar flugtaugliche Flügel, können aber trotzdem nicht fliegen, denn wie mit einer Sektion nachzuweisen ist, fehlt die entsprechende Flugmuskulatur (KLEINOW 1971). Bei anderen Arten sind die Flügeldecken normal ausgebildet, dagegen die Hinterflügel deutlich kleiner bis sie über Formen mit kleinen Läppchen, schließlich ganz verschwunden sind. Dann gibt es Arten, wie den Waldohrwurm (*Chelidura acanthopygia* (GÉNÉ, 1832)), bei denen die Flügel ganz verschwunden sind und die Flügeldecken (das erste Flügelpaar) so klein und schmal sind, dass sie nur als rudimentäre Läppchen am zweiten Bruststück zu finden sind (Abb. 4). Bei einigen Arten sind weder Flügeldecken



Abb. 3: Eine geflügelte Blattlaus. Blattläuse, die meistens ungeflügelt sind, richten durch ihre Fähigkeit zur Massenvermehrung oft erheblichen Schaden an. Die Besiedlung neuer Pflanzen erfolgt aber meistens nicht „zu Fuß", sondern durch geflügelte Tiere, die sich auf geeigneten Stellen niederlassen und dort eine Kolonie gründen. Sobald eine geeignete Pflanze gefunden ist, beginnt die Massenvermehrung von ungeflügelten Tieren. Foto: Fabian Haas.



Abb. 4: Ein männlicher Waldohrwurm *Chelidura acanthopygia* hält sich meistens in der Laubschicht auf, allerdings krabbelt er nachts schon mal ein Stück an einem Baum hoch. Die Vorderflügel sind gerade noch als kleine Läppchen erkennbar und die Flügel fehlen vollständig. Foto: Fabian Haas.

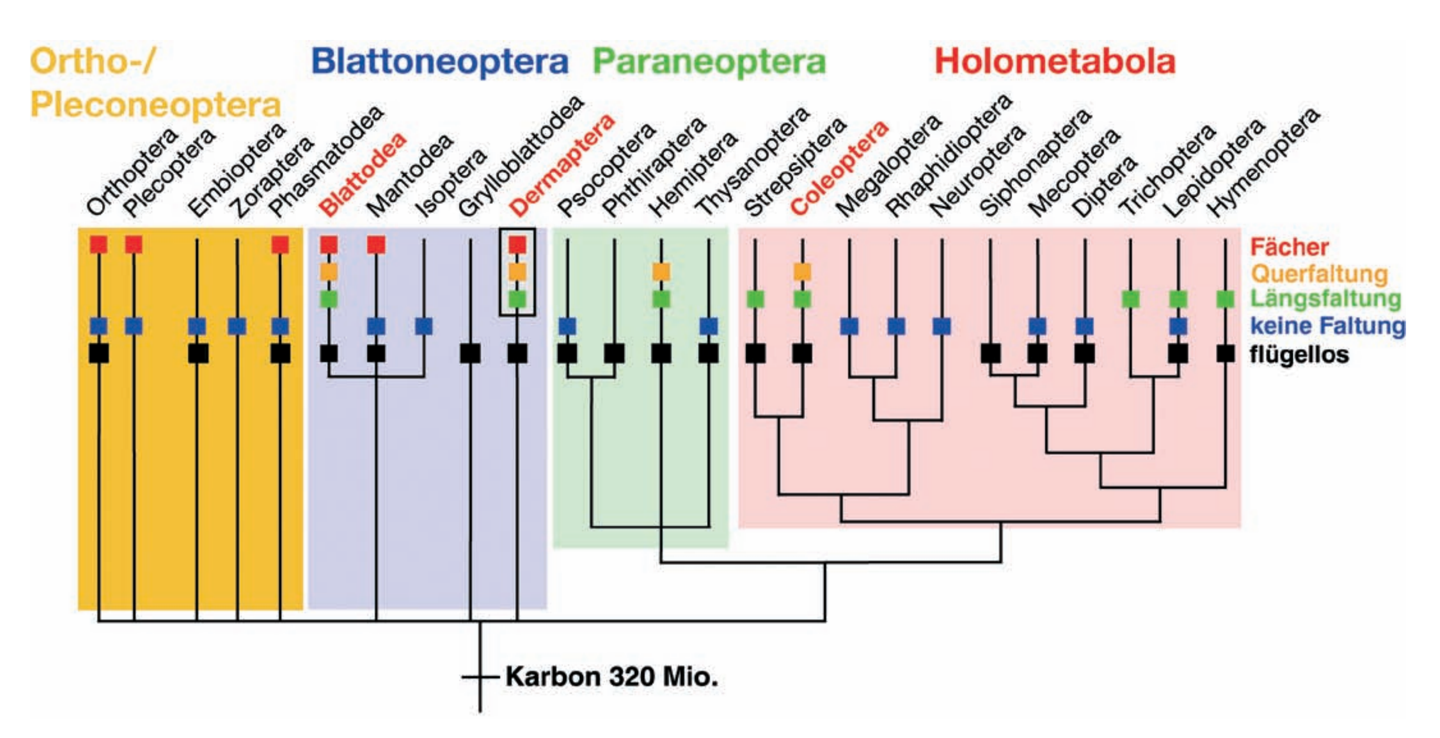


Abb. 5: Schematische Darstellung der Verwandtschaftsverhältnisse der primär geflügelten Insekten (ohne Libellen und Eintagsfliegen), zusammengestellt aus verschiedenen Quellen. Die für uns wichtigsten Insektengruppen – Ohrwürmer (Dermaptera), Schaben (Blattodea) und Käfer (Coleoptera) – sind rot hervorgehoben. Die farbigen Quadrate zeigen bei welcher Gruppe von Insekten ein bestimmter Falttyp vorliegt. Die verschiedenen Falttypen sind aber nicht immer bei allen Arten gleichzeitig ausgebildet. So haben flügellose Arten selbstverständlich keine Längsfaltung des Flügels.

Abb. 6: Gefalteter und entfalteter Hinterflügel des Gemeinen Ohrwurms *Forficula auricularia* in maßstäblicher Darstellung (!). Die Umrisslinie im oberen Bild entspricht dem verkürzten Vorderflügel. Rote Linien: Längsfalten des Fächers. Grüne Linien: Querfaltung des Flügels. Blaue Linie: Längsfaltung des gesamten Flügels. Die roten Kreise zeigen einige der Grundmechanismen. „+" Bergfalte (konvex); „-" Talfalte (konkav).

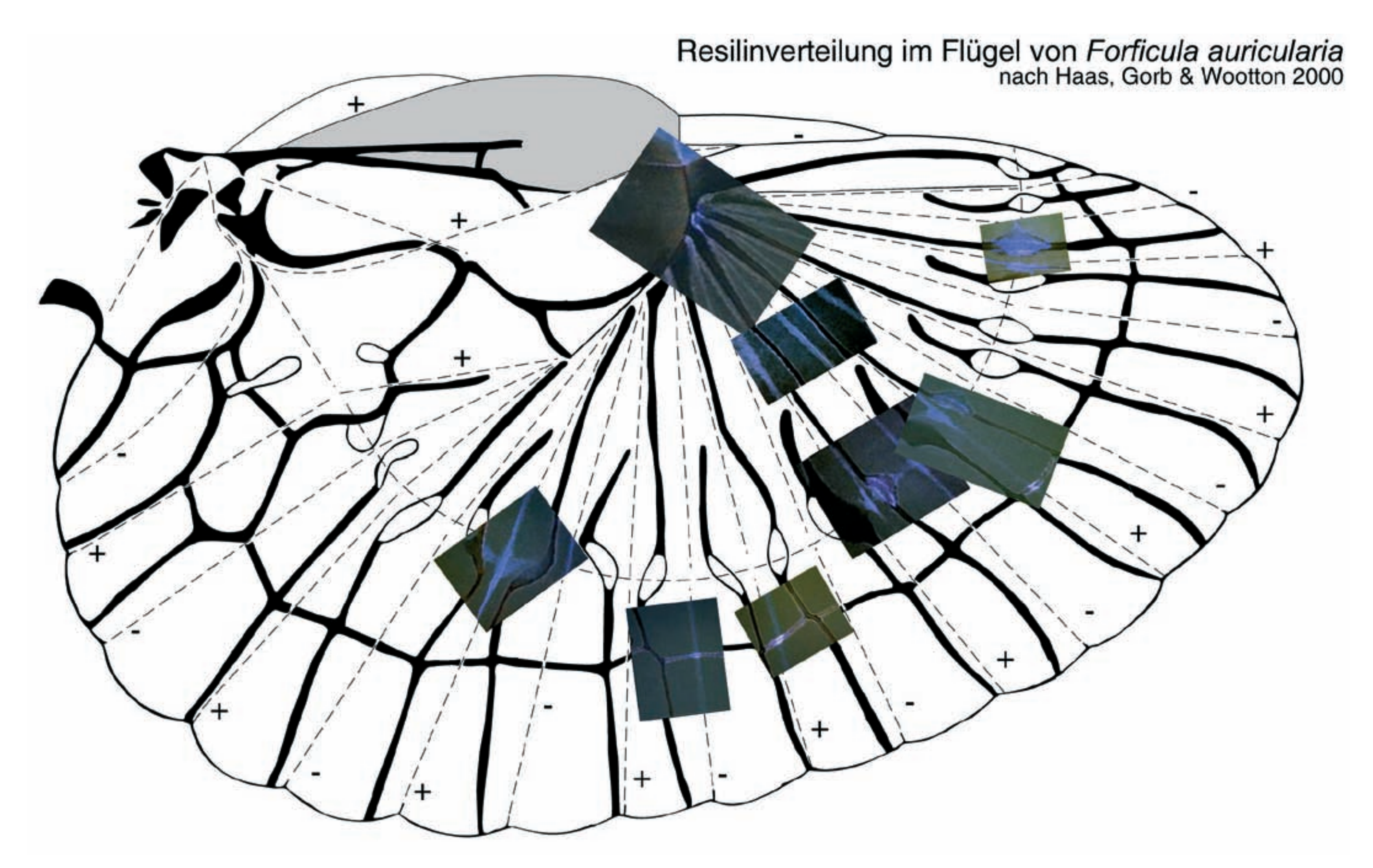


Abb. 7: Resilinverteilung im Hinterflügel des Gemeinen Ohrwurms *Forficula auricularia*. Resilin ist ein fast gummiartig elastisches Protein, dass mechanisches Energie speichern kann, und auch im Sprungapparat von Flöhen und Heuschrecken zu finden ist. Hier erreichen diese Resilinflecken die selbsttätige Zusammenfaltung des Hinterflügels, sobald zwei Sperren im Flügel gelöst werden.

noch Hinterflügel äußerlich feststellbar. All diese Übergänge sind bei unseren einheimischen Arten zu beobachten.

Der hohe Prozentsatz der Reduktion des Flugapparates bei Ohrenschliefern deutet daraufhin, dass die Flugfähigkeit im Allgemeinen für diese Insektengruppe nicht allzu wichtig sein kann. Dennoch haben Dermaptera ihren Platz im Ökosystem behauptet und sich erfolgreich fortentwickelt.

Die zweite Möglichkeit, wie man mit kleinen Flügeldecken und großen Flügel umgehen kann, ist, die letzteren einfach überstehen zu lassen. Dies wird aber nur von wenigen Insekten realisiert, wie zum Beispiel bei den Kurzdeckenböcken (Kleiner Kurzdeckenbock: *Molorchus minor* LINNAEUS, 1758).

Die Evolution

Die dritte und am häufigsten anzutreffende Möglichkeit besteht aber in der Faltung der Flügel. So wie ein großes Papiertaschentuch aus einer kleinen Verpackung kommt, sind die großen und häutigen Hinterflügel unter die schmalen und kurzen Flügeldecken geborgen. Dabei ist aus evolutiver Sicht besonders interessant, dass Flügelfaltungen wenigstens zehn mal neu entstanden sind (Abb. 5, Haas im Druck). Dazu gehören die Ohrwürmer und die Kurzflügelkäfer: die Faltungen der Hinterflügel haben sich völlig unabhängig voneinander entwickelt, limitiert durch die Gegebenheiten beim jeweiligen Vorfahren.

Das lässt sich anhand bekannter Verwandtschaftsverhältnisse zeigen. Ohrwürmer und Käfer sind aufgrund vieler, vom Flugapparat unabhängiger Merkmale als nur weitläufig miteinander verwandt anzusehen. Die völlig unterschiedliche Gestaltung der Flügelfaltung, d. h. Aderung, Faltmechanik und -muster zusammen, erlaubt es nicht, beide auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückzuführen. Trotz der konvergenten Evolution der kurzen Flügeldecken und der dichten Faltung haben die jeweiligen Vorfahren der Dermaptera und Staphylinidae deutliche Spuren in dem Wie der Realisierung dieser Faltung hinterlassen, die es uns erlauben, die getrennten Wege der Organevolution detailliert nach zu verfolgen.

Die Faltmechanik bei den Dermaptera

Vergleichen wir zunächst bei den Dermaptera den Endzustand, wie wir ihn heute vorfinden, mit der Faltung wie sie bei nächst verwandten Insekten, den Schaben, vorliegt (HAAS & KUKALOVÁ-PECK 2001). Der Hinterflügel der rezenten Dermaptera (Abb. 6) besteht aus einem

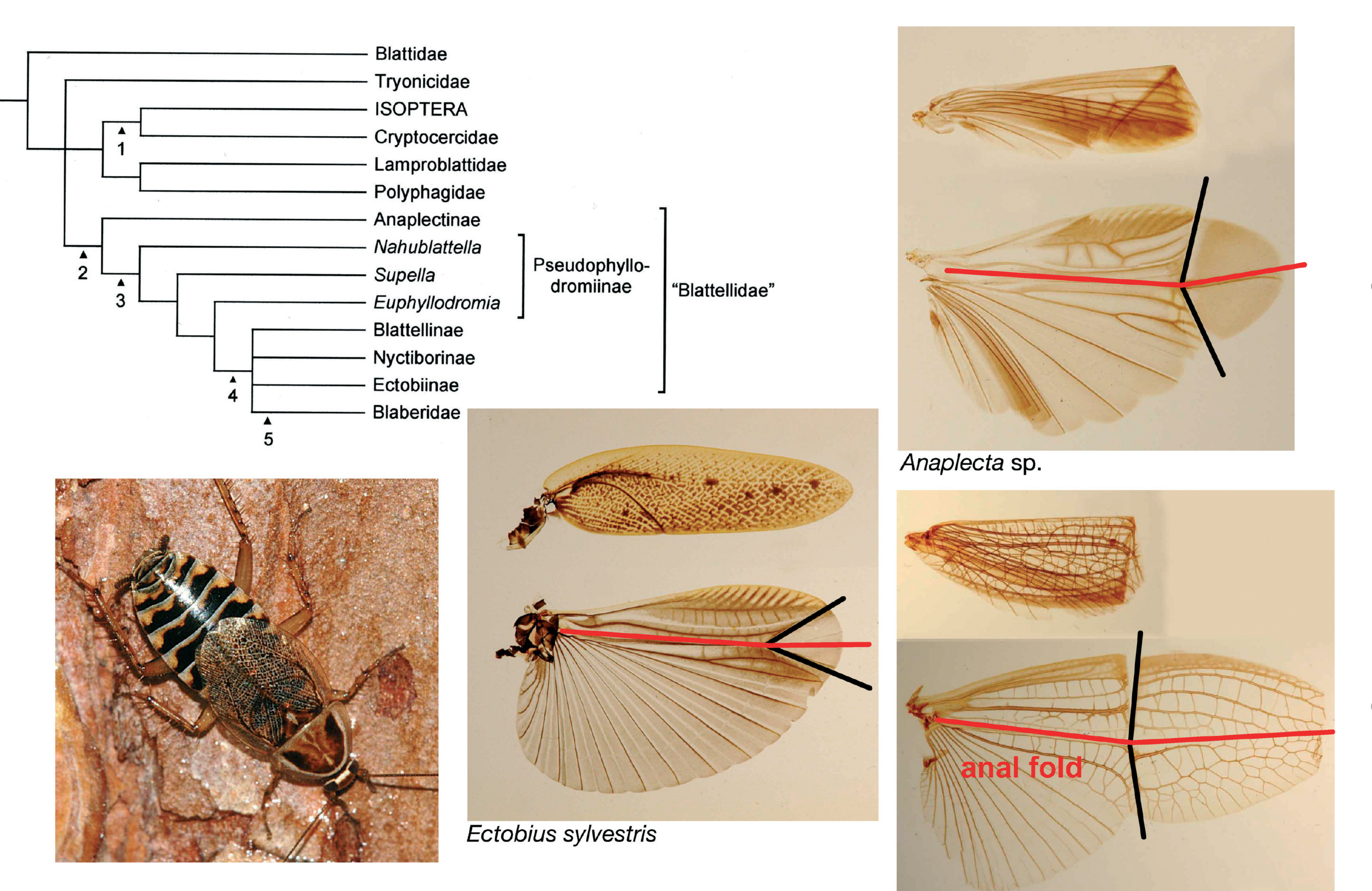


Abb. 8: Die einfache und mehrfach unabhängig entstandene Faltung der Hinterflügel einiger Schaben (Blattodea), die immer aus einem einfachen Grundmechanismus besteht – sofern die Flügel nicht reduziert sind, wie bei dieser heimischen Schabe (*Ectobius* sp.). Fotos: Fabian Haas.

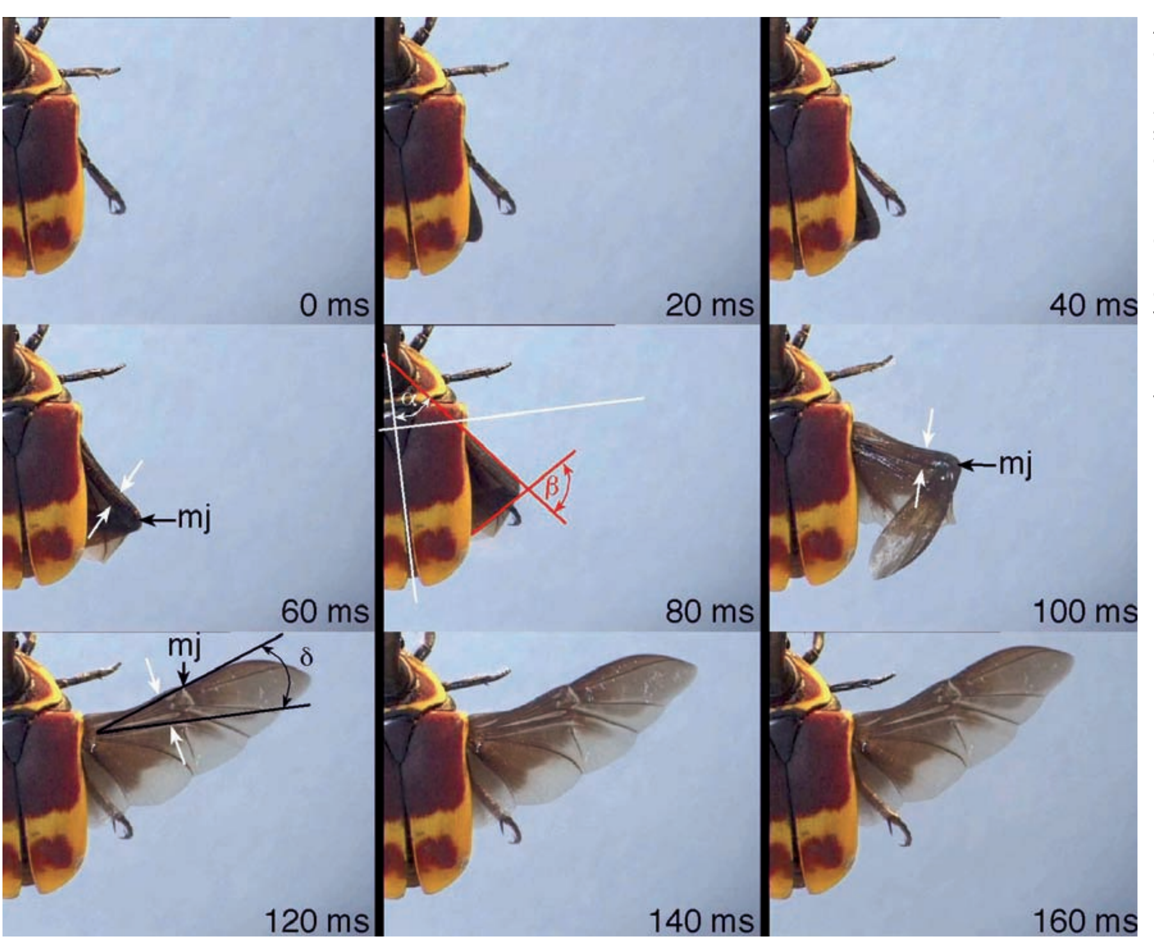


Abb. 9: Videosequenz eines afrikanischen Rosenkäfers *Pachnoda marginata* der gerade seine Hinterflügel entfaltet. Die Hinterflügel werden, noch gefaltet, unter den Vorderflügeln hervorgezogen und erst nach dem Vorschwenken in die Flugposition entfaltet (100 ms), was immer von der Spreizung der beiden Hauptadern bewerkstelligt wird (weiße Pfeile bei 60, 100 und 120 ms). Fotos: Fabian Haas.

großen fächerförmig gefalteten Anteil, der einmal längs und zusätzlich zweimal quer gefaltet wird. Obwohl Längs- und Querfaltungen bei anderen Insekten vorkommen, wird sonst nirgends (mit einer wichtigen Ausnahme) ein fächerartig gefalteter Teil des Flügels quer gefaltet. Ebenso ist die Mechanik der Entfaltung und Zusammenfaltung der Flügel einzigartig (KLEINOW 1966): die Ohrenkriecher entfalten ihre Hinterflügel, in dem sie das Flügelpaket (d. h. den gefalteten Flügel) mit Hilfe der Thoraxmuskulatur aufstellen. In dieses, leicht geöffnete Paket greifen jetzt die Hinterleibszangen (Cerci) ein, und streifen es aus, so oft bis zwei elastische Mechanismen im Hinterflügel einrasten und ihn flugtauglich versteifen. Dies geschieht mit den beiden Flügeln nacheinander. Darin ist der Grund zu sehen, weshalb Ohrwussler bei Störungen nicht wegfliegen, sondern sich fallen lassen.

Nach der Landung der Tiere werden die beiden Versteifungsmechanismen, vermutlich über eine Bewegung im Flügelgelenk gelöst, und der Hinterflügel faltet sich aufgrund der vielen Stellen mit Resilin (Abb. 7), einem gummiartigen Protein, aufgrund seiner eigenen Elastizität weitgehend selbsttätig zusammen. Ein Eingreifen der Beine oder der Hinterleibszangen ist in der Regel nicht erforderlich (HAAS et al. 2000).

Dieser Mechanismus ist einer der wenigen im ganzen Tierreich bei dem für die beiden antagonistischen Bewegungen zwei unterschiedliche Antriebe verwendet werden. Ein anderes Beispiel sind Spinnenbeine, die mittels eines hydraulischen Druckes gestreckt werden, aber mittels intrinsischer, d. h. im Bein befindlicher, Muskulatur gebeugt werden.

Umfangreiche Untersuchungen, die das ganze phylogenetische System der Dermaptera umfassen, haben ergeben, dass das Falt- und Adermuster und die Lage der Resilinflecken, weitgehend konstant sind (HAAS & KUKALOVÁ-PECK 2001). Daraus ist zweierlei zu schließen: ersten, dass der letzte gemeinsame Vorfahre aller heutigen Dermaptera bereits über diese ausgefeilte Faltmechanik verfügte und zweitens, dass alle heute lebenden Dermapteren ihre Hinterflügel mit der gleichen Prozedur entfalten. Dies ist deshalb besonders interessant, weil die Form und Länge der Hinterleibszangen ganz erheblich variiert, bei verschiedenen Arten, gleichfalls bei Weibchen und Männchen einer Art. Die Ausgestaltung der Hinterleibszangen scheint wenig Einfluss auf die Entfaltmechanik zu haben.

Das Aussehen des letzten gemeinsamen Vorfahrens der Dermapteren wurde bis zu diesem Punkt nur theoretisch rekonstruiert. Spannend ist es aber zu sehen, ob es

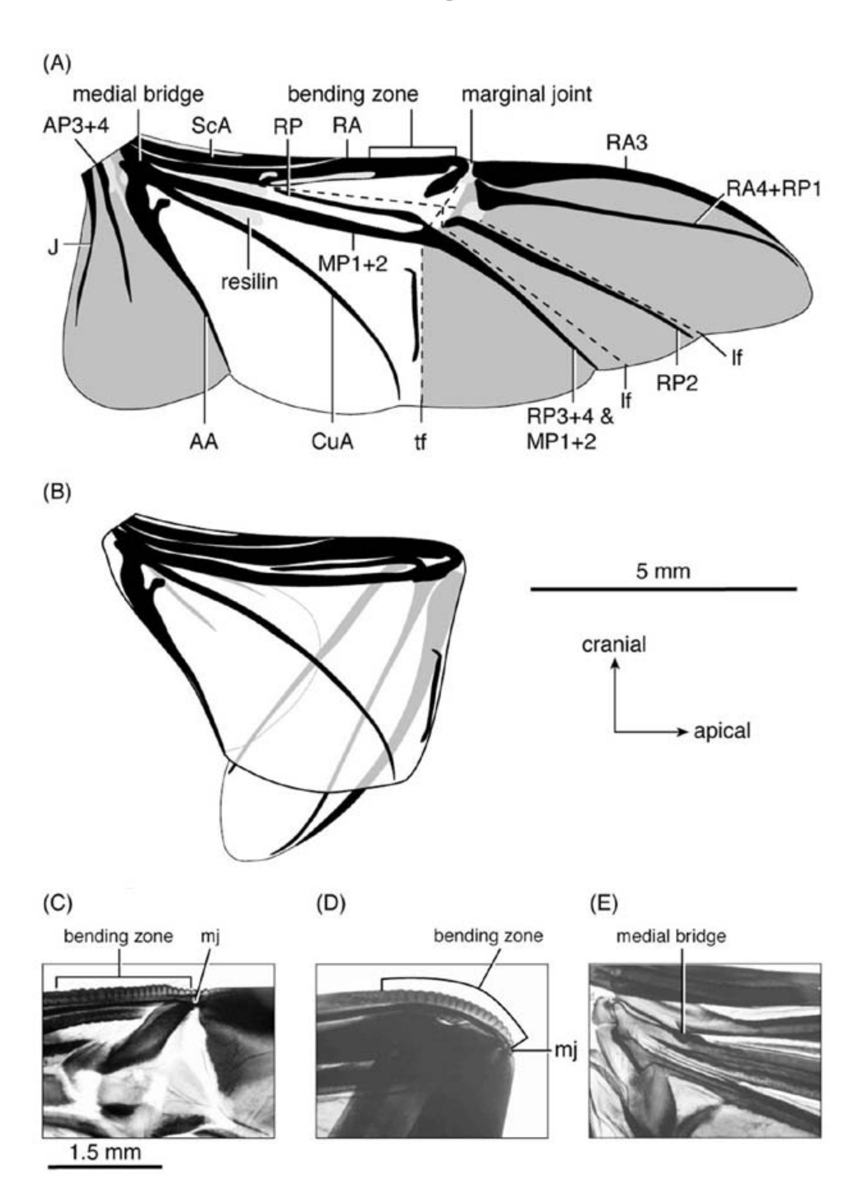


Abb. 10: Schematische Darstellung des Hinterflügels des afrikanischen Rosenkäfers *Pachnoda marginata* mit Aderung, Faltlinien und Resilin. Fotos: Fabian Haas.

nicht Fossilien gibt, die uns besseren Aufschluss über diesen Vorfahren geben. Möglicherweise ergeben sich durch deren Untersuchung Anhaltspunkte zur Aufklärung der Evolution der Flügelfaltung.

Fossilgeschichte und Evolution der Dermaptera

Fossile Ohrenkneifer sind aus dem Unteren Jura (rund 200 Mio. Jahre alt) des kasachischen Karatau belegt, einer reichen Lagerstätte für Insekten. Diese frühen Dermapteren unterscheiden sich äußerlich kaum von den heutigen. Diese Vorfahren sind schlanke gestreckte Insekten mit Laufbeinen, kurzen Flügeldecken, einem langen beweglichen Hinterleib und, hier gibt es einen Unterschied: langen gegliederten Hinterleibsanhängen, die erst später in der Evolution zu Zangen werden. Aufgrund der großen Ähnlichkeit mit rezenten Arten wurden fossile Dermapteren nur selten anderen Gruppen, wie Käfern, zugeordnet.

Die Fossilfunde legen nahe, dass die heutige Faltmechanik schon vor dem Unteren Jura entstanden ist, schließlich verfügen Fossilien wie rezenten Arten über ähnliche Flügelpakete. Die kasachischen, fossilen Ohrwürmer geben folglich keine Auskunft darüber, wie die Faltung der Hinterflügel entstanden ist, ebenso wenig wie die Untersuchung der rezenten Dermapteren in dieser Hinsicht weiterhilft. Wir stoßen auf bereits 'perfekte' Ohrwürmer und so lässt sich aussagen, dass der Habitus, die generelle Körperform, der Dermaptera seit dem Unteren Jura, immerhin seit 200 Mio. Jahre unverändert ist, vielleicht mit Ausnahme der Evolution langer Hinterleibsanhänge.

Die Evolution der Faltung

Um die Evolution der Faltmechanik zu verstehen, müssen wir den weiteren und älteren Verwandschaftkreis der Dermapteren untersuchen. Studien an rezenten Insekten haben ergeben, dass die Schaben (Blattodea) recht nahe mit den Ohrwürmern verwandt sind (Haas & Kukalová-Peck 2001). Schaben haben einfach gefaltete Hinterflügel, die Vorderflügel sind ähnlich wie bei den Ohrwürmern verdickt und fest, bedecken den Hinterleib aber auf seiner ganzen Länge (Abb. 8). Die Hinterflügel haben vorne einen großen ungefalteten Teil, dahinter einen kleineren fächerförmigen Teil, der unter den vorderen untergeschlagen wird. Das so entstandene Flügelpaket wird durch Vorschwenken des Flügels von der Ruheposition über dem Hinterleib in die Flugposition geöffnet. Hilfe durch die Beine (oder andere Körperteile) ist nicht von Nöten und das Tier hat keine eigene Kontrolle über die Entfaltung. Die Flügel sind immer entfaltet, wenn sie in der Flugposition sind. Übrigens findet sich bei einigen Schaben ferner eine Querfaltung im Bereich der Flügelspitze. Diese, innerhalb der Schaben mehrfach unabhängig entstandene Querfaltung wird mit gleicher Mechanik wie der ganze Rest des Hinterflügels entfaltet, durch einfaches Vorschwenken.

Trotz der erwähnten Querfaltung helfen die Verhältnisse bei rezenten Schaben nicht zum Verständnis der Evolution der komplexen Flügelfaltung, durch die sich die Ohrenkriecher auszeichnen. Hilfreicher sind schabenartige Insekten aus dem Perm Kansas (USA), die vor etwa 300-250 Mio. Jahren fossilisiert wurden. Bei diesen Stücken, es sind isolierte Hinterflügel, ist deutlich zu erkennen, wie eine Querfalte den fächerförmig gefalteten Teil des Flügels kreuzt; eine Situation, die nur bei rezenten Ohrenschliefern zu finden ist! Ein eindeutiger Beweis für die enge Verwandtschaft mit den Dermaptera und ein bedeutender evolutiver Schritt in der Entste-

hung eines komplexen Systems, ein klassisches Missing Link. Dieses Stück ist wenigstens 50 Millionen Jahre älter als die Dermaptera aus dem kasachischen Unteren Jura. In diesem Zeitraum, der Trias, muss die Transformation von schabenartigen Insekten zu einem Ohrwurm stattgefunden haben. Die Fossilien zeigen, wie und wann vor Jahrmillionen die Transformationen, die wir aus der Rekonstruktion der Verwandtschaftsverhältnisse annehmen müssen, stattgefunden haben.

Allerdings fehlt bisher die zweite Querfaltung des Flügels. Und wirklich gibt es dafür ein, leider nach wissenschaftlichen Regeln unbeschriebenes Fossil. Es ist wiederum ein den heutigen Schaben ähnlicher Organismus mit recht langen Hinterflügeln, die von verstärkten Vorderflügeln bedeckt werden. Der Fächer wird tatsächlich zweimal quergefaltet. Im Fundstück ist dadurch ein Zickzack-Muster des Hinterflügels klar erkennbar. Bisher ist nicht geklärt, wie diese Tiere ihre, aufgrund der Größe wahrscheinlich flugtauglichen, Flügel öffneten.

Über den Vergleich rezenter Tiere miteinander, die Erforschung der Faltmechanik und der Einbeziehung einiger Fossilien, die nicht weniger als 200 Mio. Jahre alt sind, lässt sich jetzt ein vollständiges Bild für die Evolution der Faltung der Hinterflügel der Ohrwussler rekonstruieren.

Evolution und Mechanik der Flügelfaltung der Coleoptera

Gleiches lässt sich für die konvergent entstandene Faltung bei den Coleoptera durchführen, was nur kurz skizziert werden soll. Entscheidend für die Faltmechanik in dieser Insektengruppe ist eine Ader im Hinterflügel, die ganz im Gegensatz zu allen anderen Insekten im Flügel selbst beweglich ist. Sie kann um wenige Grad (in etwa 5-10 Grad) nach hinten gezogen werden, und entfaltet auf diese Art und Weise die Flügelspitze (HAAS & BEUTEL 2001). Hebelsystemartig wird eine scherenartige Bewegung der Ader in eine Vorschwenkbewegung und Entfaltung der Flügelspitze transformiert (Abb. 9, 10). Dies geschieht, wie umfangreiche Untersuchungen zeigten, gezielt und unabhängig vom Vorschwenken der Flügel. Daher kann man Käfer, aber keine Schaben, photographieren, die zwar ihre Hinterflügel in der Flugposition halten, deren Flügelspitze dennoch gefaltet bleibt (Abb. 11, 12, 13). Käfer besitzen im Gegensatz zu Schaben eine eigenständige Kontrolle über Entfaltung.

Im Flug bleibt der Hinterflügel durch Versteifungsfalten offen, so dass die Spitze konträr zu den Vögeln (Abb. 14) beim Aufschlag nicht eingezogen werden kann.

Angetrieben wird die Spreizung, d. h. das Zurückschwenken der Ader, indirekt von einem Steuermuskel für den Flug, der bei allen anderen fliegenden Insekten



Abb. 11: Deutlich zeigt sich das Faltmuster bei der Entfaltung der Hinterflügel beim gelbbrauner Weichkäfer *Rhagonychia fulva*. Die Vorderflügel sind bei dieser Gruppe von Käfern fast so lange wie die Hinterflügel. Foto: Fabian Haas.



Abb. 12: Der Schatten des rechten Hinterflügels auf dem Blatt verrät die Faltung der Flügelspitze beim Feuerkäfer *Pyrochroa coccinea* kurz vor dem Abheben. Sehr auffällig ist die fast senkrechte Haltung des hinteren Bruststücks und die dadurch entstehende ‚S'-Form des Körpers. Damit wird die Ebene des Flügelschlages in eine zum Abheben günstige Lage gebracht.

vorhanden ist. Die Evolution nutzt hier bereits bestehende Strukturen um neue Funktionen zu realisieren. Dieser Schlüsselinnovation, der beweglichen Ader und der damit verbundenen Flügelfaltung und Flügeldecken

Abb. 13: Das Abheben eines Schnellkäfers im Freiland. Trotz der enormen Schnelligkeit des Vorgangs ist im zweiten Bild noch die gefaltete Flügelspitze erkennbar. Im dritten Bild fällt wieder die ‚S'-Form des Körpers aus, bevor der Käfer im vierten Bild schon entflogen ist. Fotos: Fabian Haas.



Abb. 14: Zwar falten Vögel ebenfalls ihre Flügel (wegen der Platzersparnis), allerdings befinden sich Muskeln in der eigentlichen Flügelfläche, die den Flügel selbst während des Fluges aktiv verformen und einklappen können. Dies ist bei Insekten nicht möglich, da ihre Flügel niemals Laufbeine waren, im Gegensatz zu den aus Vorderbeinen der ‚Reptilienvorfahren' umgebildeten Flügeln und deswegen nie über eine interne Muskulatur verfügten. Foto: Fabian Haas.

haben die Coleoptera ihre enorme Diversifizierung in über 360.000 Arten zu verdanken. Wie bei den Dermaptera entwickelte sich die Faltung in der Perm-Trias-Periode. Demgegenüber ist die Artenzahl der Ohrwussler mit kaum 2.200 Arten sehr bescheiden für entomologische Verhältnisse. Einzelne Gruppen der Dermaptera haben sich in ihrer Lebensweise kaum differenziert, ohne dass dafür klar erkennbare Gründe bekannt wären.

Nach dem Flug stellt sich für Käfer das gleiche Problem wie für Ohrenkriecher: die Hinterflügel müssen unter den kleineren Vorderflügeln verstaut werden. Das besagte Papiertaschentuch muss wieder in die Verpackung. Die geschieht bei den Ohrwürmern weitgehend durch die in Resilinflecken gespeicherte Elastizität (Abb. 7). Käfer beschreiten einen anderen Weg: Auf dem Hinterleib befinden sich mit bloßen Auge nicht sichtbare Härchen, die mit pumpend-bürstenden Bewegungen den ungefalteten Hinterflügel nach vorne zusammenschieben. Dazu werden mehrere Zyklen benötigt, wodurch das, z. B. von Marienkäfern bekannte, langsame und schrittweise Einziehen der Hinterflügel unter die Flügeldecken entsteht. Das geschieht mit bei-

den Flügeln simultan. Unter den Flügeldecken ist bei Staphylinidae so wenig Platz, dass die Flügelpakete nicht getrennt nebeneinander liegen können, sondern ineinander gefaltet werden müssen. Im Unterschied zu dem Dermaptera, verhalten sich die Faltmuster von rechtem und linkem Flügel nicht spiegelbildlich zueinander, sondern sind so angelegt, dass sie wie Brief und Umschlag ineinander passen. Interessanterweise sind die Rollen nicht festgelegt: jeder der beiden Flügel kann Umschlag oder Brief sein, und dies kann nach jedem Zusammenfalten vertauscht sein. Aufgrund dessen finden sich beide Konfigurationen zu jeweils etwa 50 %, und 'Rechts-' oder 'Linkshänder' scheint es nicht zu geben. Strukturelle Differenzierungen für das Faltmuster fehlen, demzufolge ist am entfalteten Flügel nicht erkennbar, ob er Brief oder Umschlag sein wird.

Die Geschichte prägt die Gegenwart

Wie bei den Dermaptera werden für die antagonistischen Bewegungen zwei völlig unterschiedliche Mechaniken verwendet. Die Flügelfaltungen bei Ohrwürmern und Kurzflügelkäfern haben sich völlig isoliert voneinander entwickelt und unterscheiden sich nicht nur in Details. So ist das Flügelpaket bei Ohrwürmern nur ein Zehntel der Fläche des entfalteten Flügels (Faltquotient 10) und steht unter die Flügeldecken hervor (Abb. 6), während bei den Staphylinidae das Flügelpaket ganz bedeckt wird und einen Faltquotient von nur 4,5 erreicht. Die Aderung in beiden Taxa unterscheidet sich grundlegend. Käferflügel haben keinen fächerförmig gefalteten Anteil und einen engen Ansatz am Körperstamm, was sie ihrer nahen Verwandtschaft mit den Flor- und Schlammfliegen (Planipennia, Megaloptera) zu verdanken haben (Abb. 5, 10). Dieser ist bei Schaben und Ohrwürmern sehr viel breiter und hat darüber hinaus eine Bedeutung für die Flügelentfaltung.



Abb. 15: Der heimische Gebüschohrwürm *Aperygida media* mit fast normal langen Flügeldecken, aber ohne sichtbare Flügelstummel. Foto: Fabian Haas.

Trotz der vielen Ähnlichkeiten und der konvergenten Evolution in beiden Gruppen sind die erreichten Lösungen sehr unterschiedlich und verraten die unterschiedlichen Verwandtschaftsverhältnisse von Dermaptera und Staphylinidae.

Weitere Informationen und Literatur

Alphabetische Liste der in Deutschland, Österreich und der Schweiz vorkommenden Ohrwürmer

Aktuelle Information finden sie auf der Website: http://www.earwigs-online.de/faunas.html

Art	Deutscher Name	DE	AT	CH	Abb.
Anechura bipunctata (FABRICIUS, 1781)	Zweipunkt-Ohrwurm	+	+	+	
Apterygida media (HAGENBACH, 1822)	Gebüschohrwurm	+	+	+	15
Chelidura acanthopygia (GÉNÉ, 1832)	Waldohrwurm	+	+	+	4
Chelidura aptera (MEGERLE, 1825)				+	
Chelidura mutica KRAUSS, 1886			+	+	
Forficula auricularia LINNAEUS, 1758	Gemeiner Ohrwurm, Ohrwurm, Öhrling, Ohrenkriecher, Ohrenkneifer, Ohrenhöhler	+	+	+	1
Forficula decipiens GÉNÉ, 1832				+	
Labia minor (LINNAEUS, 1758)	Kleiner Ohrwurm, Zwergohrwurm	+	+		
Labidura riparia (PALLAS, 1773)	Sandohrwurm, Uferohrwurm	+	+	+	2

Literatur

Zu vielen der genannten Punkte gibt es keine allgemeinverständlichen Darstellungen, zu frisch sind die Forschungsergebnisse. Einiges werden Sie auf meiner Website finden (http://www.earwigs-online.de), die wegen der größeren Reichweite in Englisch verfasst ist. Dort finden sich auch einige Originalarbeiten zum Herunterladen.

Alte klassische Literatur steht zum Beispiel bei AnimalBase (http://www.animalbase.org) und in der französischen Nationalbibliothek (http://gallica.bnf.fr) zur Online-Ansicht bereit. Weitere elektronische Bibliotheken unter http://www.gti-kontaktstelle.de/toolkit/task_7.html.

Als Einführung in die wissenschaftliche Entomologie sind DATHE H. (2005): Lehrbuch Speziellen Zoologie, Spektrum Akademischer Verlag, und DETTNER K. (2003): Lehrbuch der allgemeinen und angewandten Entomologie, Spektrum Akademischer Verlag, geeignet.

Folgende Originalarbeiten wurden zitiert

ALBOUY V. & C. CAUSSANEL (1990): Dermaptères ou Perce-oreilles [Dermaptera or earwigs]. — Faune de France **75**: 1-245.

HAAS F. (2005): 12. Ordnung Dermaptera, Ohrwürmer. — In DATHE H. (Hrsg.), Lehrbuch der Speziellen Zoologie **I**/5: 173-180.

HAAS F. & R.G. BEUTEL (2001): Control of wing folding and the functional morphology of the wing base in Coleoptera. — Zoology **104**: 123-141.

HAAS F., GORB S. & R.J. WOOTTON (2000): Elastic joints in dermapteran hind wings: Materials and wing folding. — Arthropod Structure and Development **29** (2): 137-146.

HAAS F. & J. KUKALOVÁ-PECK (2001): Dermaptera hindwing structure and folding: New evidence for familial, ordinal and superordinal relationships within Neoptera (Insecta). — European Journal of Entomology **98**: 445-509.

HAAS F. & R.J. WOOTTON (1996): Two basic mechanisms in insect wing folding. — Proceedings of the Royal Society of London, Series **B 263**: 1651-1658.

KLEINOW W. (1966): Untersuchungen zum Flügelmechanismus der Dermapteren. — Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere **56**: 363-416.

KLEINOW W. (1971): Morphometrische Untersuchungen an den Flugapparaten flugfähiger Dermapteren. — Zoologischer Anzeiger **187**: 175-184.

LINNAEUS C. (1758): Systema naturae. 10. ed. — Holmiae (Laur. Salvii). **1**, **2**: 1-824.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Fabian HAAS
Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart
Rosenstein 1
70191 Stuttgart
Germany
E-Mail: webmaster@earwigs-online.de